

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
UNIDADE ACADÊMICA DE HUMANIDADES, CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BACHARELADO)**

ANA PAULA PIGNATEL

**AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO (CRICIÚMA,
SANTA CATARINA) ANTES E APÓS TRATAMENTO COM BIOMASSA DA
CASCA DE BANANA *Musa paradisiaca* L.**

**CRICIÚMA, SC
2017**

ANA PAULA PIGNATEL

**AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO (CRICIÚMA,
SANTA CATARINA) ANTES E APÓS TRATAMENTO COM BIOMASSA DA
CASCA DE BANANA *Musa paradisiaca* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Biológicas da
Universidade do Extremo Sul Catarinense,
UNESC.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Paula Rohr

**CRICIÚMA, SC
2017**

ANA PAULA PIGNATEL

**AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DA ÁGUA DO RIO SANGÃO (CRICIÚMA,
SANTA CATARINA) ANTES E APÓS TRATAMENTO COM BIOMASSA DA
CASCA DE BANANA *Musa paradisiaca* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela
Banca Examinadora para obtenção do grau de
Bacharel no Curso de Ciências Biológicas da
Universidade do Extremo Sul Catarinense,
UNESC.

Criciúma, 23 de novembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Paula Rohr – Orientadora (UNESC)

Prof.^a MSc. Nadja Zim Alexandre (UNESC)

MSc. Adriani Paganini Damiani (UNESC)

Dedico à minha querida avó Ana, quem me guiou nos primeiros contatos com a natureza e que viverá para sempre no meu coração.

“A água é o veículo da natureza.”
(Leonardo da Vinci)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido estudar no curso que sempre quis e descobrir que fiz a escolha certa, pois não vejo outro curso que teria me possibilitado viver todas as experiências maravilhosas de campo, de aprendizado e as amizades que fiz na Biologia.

Obrigada a minha família, meus pais Nilson e Solange, que sempre me incentivaram e apoiaram a seguir e me dedicar aos estudos e também ao meu irmão caçula Luiz Felipe que adora me questionar sobre o que aprendo e já diz querer seguir o caminho da biologia também.

Agradeço aos amigos e amigas que fiz na faculdade e em especial as minhas parceiras Adrielle Barcelos, Beatriz Buogo e Débora Fernandes por todos os momentos que compartilhamos e sem o apoio de vocês não teria conseguido enfrentar todas as dificuldades da vida acadêmica e da vida fora da faculdade também.

Sou muito grata ao meu namorado Filipe Fernandes Salvador, por sempre me ouvir e aconselhar nas decisões e também por seguir me apoiando e incentivando nessa caminhada.

Obrigada a minha orientadora Professora Dr.^a Paula Rohr pelos conselhos, orientações e momentos divertidos durante a elaboração deste trabalho.

Obrigada a todos os professores do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas que tive a oportunidade ser aluna, vocês são demais!

RESUMO

A degradação dos ecossistemas aquáticos por poluentes é algo que acontece há muito tempo, entre os poluentes que levam as maiores preocupações podemos citar os metais pesados, que são elementos não metabolizáveis e se acumulam ao longo da cadeia trófica causando danos aos organismos, podendo gerar enfermidades. No sul de Santa Catarina os metais pesados encontrados nos recursos hídricos provêm principalmente das atividades de mineração de carvão que no passado foi muito explorado na região, o processo de contaminação é consequência da Drenagem Ácida de Minas (DAM). O objetivo deste trabalho foi avaliar a fitotoxicidade da água do Rio Sangão que está sob influência das áreas de mineração, utilizando os parâmetros físico-químicos de pH, turbidez e acidez total, e o bioindicador *Allium cepa* L. (Cebola) para teste de toxicidade, bem como observar o efeito sobre estes parâmetros após biotratamento destas águas com biomassa da casca de Banana *Musa paradisiaca* L. para verificar a possibilidade de minimizar os efeitos de agentes tóxicos da água do rio. Para o processo de tratamento as cascas foram secas e trituradas, e o pó gerado foi colocado em agitação com a água do rio. A água do Rio Sangão apresentou pH ácido de 2,96. No teste de fitotoxicidade a amostra se comportou como indutora de danos celulares apresentando elevada taxa de micronúcleos e aberrações cromossômicas nas células de *A. cepa*. O tratamento com a biomassa da casca de banana resultou em reduções significativas no aparecimento de danos celulares, se mostrando efetivo. Os resultados encontrados neste trabalho incentivam estudos de aprimoramento para utilização de tratamentos não convencionais e de baixo custo.

Palavras-chave: Mineração. Metais pesados. Ecotoxicologia. *Allium cepa*. Biossorvente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do município de Criciúma SC/Brasil, com destaque em vermelho para a área de estudo no Bairro Sangão, onde está localizado o Rio Sangão.	17
Figura 2 - Mapa mostrando a delimitação da área de drenagem do Rio Sangão.....	18
Figura 3 - Imagens do local de coleta (indicado pela seta vermelha) no Rio Sangão na divisa dos municípios Criciúma/Forquilha.....	19
Figura 4 - Frasco utilizado na coleta da amostra e detalhe para a coloração da água do ponto coletado no béquer a direita, coloração amarelada característica de rios contaminados pelas atividades de mineração.....	20
Figura 5 - Etapas do processo de tratamento. Agitação da amostra com a biomassa em agitador magnético, filtração para separar a biomassa da amostra e água tratada, respectivamente.	22
Figura 6 - Taxa de germinação de sementes de <i>Allium cepa</i> L. expostas à diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).....	28
Figura 7 - Taxa de comprimento das raízes de <i>Allium cepa</i> L. expostas à diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).....	29
Figura 8 - Taxa de células normais em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).....	30
Figura 9 - Taxa de divisão celular em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).....	31
Figura 10 - Taxa de micronúcleos (anomalia cromossômica) em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).	32
Figura 11 - Taxa de brotos (anomalia cromossômica) em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).	33

Figura 12 - Taxa de Pontes Citoplasmáticas (anomalia cromossômica) em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentrações e as respectivas composições da amostra utilizada para elaboração do teste de toxicidade.....	26
Tabela 2 - Resultado dos parametros físico-químicos antes e após tratamento com a biomassa.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos	16
2	METODOLOGIA	17
2.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.2	DA COLETA DA AMOSTRA	19
2.3	ENSAIOS REALIZADOS	20
2.3.1	Tratamento de Adsorção	20
2.3.2	Preparo da Biomassa	21
2.3.3	Parâmetros Físico-químicos	22
2.3.4	Teste de Fitotoxicidade	24
2.4	ANÁLISE DE DADOS	27
3	RESULTADOS	28
3.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	28
3.2	FITOTOXICIDADE	28
3.2.1	Germinação de Sementes	28
3.2.2	Comprimento de Raízes	29
3.2.3	Análise dos Tipos Celulares	30
4	DISCUSSÃO	35
5	CONCLUSÃO	39
	REFERENCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos ecossistemas aquáticos há muito tempo vem sendo modificada pelas atividades antrópicas. Segundo Pereira (2004) esse fator é desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, o que gera uma degradação ambiental significativa diminuindo a disponibilidade de água de qualidade e resultando em problemas no seu aproveitamento.

Define-se como poluição qualquer alteração física, química ou biológica que produza modificação no ciclo biológico normal, interferindo na composição da fauna e da flora do meio. A poluição aquática, uma das mais sérias, provoca mudanças nas características físicas, químicas e biológicas das águas, as quais interferem na sua qualidade, impossibilitando o seu uso para o consumo humano (DE AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002, p.1145).

De acordo com KNIE e LOPES (2004) a poluição das águas superficiais e também dos lençóis freáticos, tem sua principal causa o lançamento, direto e indireto, de despejos industriais, domésticos e agropecuários, não tratados ou insuficientemente tratados. O descaso com os bens hídricos acontece por diversos fatores, como a falta ou mau funcionamento de estações municipais e industriais de tratamento de despejos, também na contaminação de grandes áreas por resíduos químicos da indústria e do comércio, que são enterrados ou depositados clandestinamente.

No sul do estado de Santa Catarina, a qualidade das águas superficiais encontra-se comprometida em função das atividades antrópicas, principalmente relacionada as atividades de mineração, que há muito tempo é uma forte base econômica na região.

[...] as necessidades geradas durante as duas guerras mundiais, bem como o modelo de desenvolvimento adotado pelo Brasil a partir dos anos 1930 foram decisivos para expansão da indústria carbonífera nacional. Os três estados produtores são: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Em Santa Catarina a exploração industrial é um pouco anterior, da década de 1910, a partir de quando surgiram dezenas de minas em uma área que se convencionou denominar bacia carbonífera. No decorrer do século XX, várias pequenas cidades foram substituindo a agricultura pelas minas de carvão, sendo que os municípios que mais aderiram a este tipo de economia foram: Lauro Muller, Urussanga, Tubarão, Criciúma, Orleans, Içara e, notadamente Siderópolis (CASTILHOS; FERNANDES, 2011, p. 361).

Desde o início até os tempos recentes essas atividades foram conduzidas sem o mínimo de preocupação com os impactos ambientais que poderiam causar, o que resultou em uma região considerada a nível nacional como uma das mais críticas para fins de recuperação ambiental (MENDES et al., 2006).

Segundo FUNGARO e IZIDORO (2006) as atividades de mineração geram resíduos provenientes dos processos de beneficiamento do carvão, que é descartado muitas vezes de forma irregular, sendo depositados em pilhas ou bacias de decantação nas proximidades da área de mineração, os autores também indicam a quantidade aproximada de resíduos gerados no seguinte trecho: “O carvão extraído em minas a céu aberto e subterrâneas é enviado às usinas de beneficiamento e gera cerca de 60% de resíduos sólidos e aproximadamente 1,5m³ de efluentes ácidos para cada tonelada lavrada.” (FUNGARO; IZIDORO, 2006, p.735). Esses processos de beneficiamento acabam por liberar uma diversidade de elementos químicos, gerando águas de natureza ácida. A acidez elevada é resultado da oxidação da pirita (FeS₂) disseminada no carvão, que quando exposta ao oxigênio do ar e da água, forma solução de ácido sulfúrico e sulfato ferroso (MENDES et al., 2006). Essa reação ganha o nome de Drenagem Ácida de Mina (DAM), “A DAM em ambientes de mineração é, na maioria das vezes, caracterizada por baixos valores de pH – que podem ser inferiores a 3,5 [...]” (DE MELLO; DUARTE; LADEIRA, 2014, p.24).

O rebaixamento do pH (Potencial Hidrogeniônico) das águas, desencadeia reações químicas que possibilitam a solubilização de alguns elementos químicos, como ferro, manganês, cálcio, sódio e outros, além de metais pesados, como cromo, cádmio, zinco, chumbo e arsênio que são substâncias tóxicas e de caráter acumulativo nos organismos vivos, afetando a qualidade da água e prejudicando o desenvolvimento dos organismos aquáticos (MENDES et al., 2006).

Mesmo em concentrações reduzidas, os cátions de metais pesados, uma vez lançados num corpo receptor, como por exemplo, em rios, mares e lagoas, ao atingirem as águas de um estuário sofrem o efeito denominado de Amplificação Biológica. Este efeito ocorre em virtude desses compostos não integrarem o ciclo metabólico dos organismos vivos, sendo neles armazenados e, em consequência, sua concentração é extraordinariamente ampliada nos tecidos dos seres vivos que integram a cadeia alimentar do ecossistema. (RUPP, 1996 *apud* DE AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002, p.1145)

Para o controle das atividades de lançamento de efluentes em corpos hídricos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece nas resoluções nº 357, de 17 de março de 2005 e nº 430, de 13 de maio de 2011 a classificação dos recursos hídricos de acordo com a qualidade e usos, as condições adequadas de diversos parâmetros para cada tipo de água e também as condições e padrões de lançamento de efluentes. Dentre os parâmetros com limites estabelecidos pelo CONAMA estão os testes físico-químicos como pH e turbidez, quantificação de elementos químicos de origem orgânica e inorgânica e também testes para análise de toxicidade (CONAMA 2005, 2011)

De acordo com Laus et al. (2006) a rigidez das leis ambientais faz necessário o desenvolvimento de técnicas de tratamentos de efluentes e água de rejeito. Entre os métodos de tratamentos, pesquisas na área ambiental tem revelado a possibilidade da utilização de biomassas derivadas dos resíduos agroindustriais, na descontaminação dos meios hídricos, gerando vantagens pelo baixo custo e viabilidade, diferente dos tratamentos físicos e químicos comumente utilizados, como a precipitação, troca iônica e osmose reversa.

O tratamento por adsorção é o mais indicado para remoção de metais em soluções aquosas, o carvão ativado é o adsorvente padrão utilizado, mas devido ao seu alto custo, tem se estudado o uso de adsorventes naturais (LAUS et al., 2006; TARLEY e ARRUDA, 2002; KUMAR e DARA, 1982). Nesse contexto entende-se por adsorção o processo pelo qual um componente presente em fluidos líquidos ou gasosos adere à superfície de um sólido, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos, a aderência vai depender da presença de cargas na superfície do adsorvente e do material químico a ser adsorvido, que é chamado de adsorvato, ou por poros na superfície do material. A eficácia da adsorção depende de vários fatores como a concentração dos componentes, pH do meio, tempo de contato e agitação (RUTHVEN, 1984; BONIOLO, 2008).

A casca de Banana *Musa paradisiaca* L., na forma de farinha, vem sendo estudada como bioadsorvente (adsorvente de origem natural) para adsorção de íons metálicos em meios aquosos. Segundo Santos (2013) a alta capacidade de adsorção de metais pesados e compostos orgânicos pela casca de banana é devido a presença de grupos hidroxila (OH^-) e a carboxila da pectina em sua composição, que são

compostos de baixo peso molecular e de caráter negativo que atraem íons metálicos de caráter positivo, os cátions. Boniolo (2008) explica que esse processo ocorre de forma passiva por meio de interações físico-químicas entre os íons metálicos e os grupos funcionais na superfície da biomassa. A banana é uma fruta tropical consumida em grande escala mundialmente e sua casca equivale de 30% a 40% do seu peso total, resultando uma biomassa residual abundante e de fácil acesso (BONIOLO, 2008; SANTOS, 2013).

Estudos como o de Boniolo (2008) que caracteriza a remoção de íons de urânio pela casca de banana e também os de Franco e colaboradores (2015) que analisam a bioissorção de diferentes variedades de cascas de banana e também o trabalho de Silva, Neto e Capri (2016) que estuda a bioissorção de Cromo(VI) pela casca de banana nanica no tratamento de efluentes, analisando as influências do pH, velocidade da agitação e quantidade de biomassa empregados no tratamento, evidenciam a eficiência dessa biomassa na remoção de metais pesados e consequentemente a diminuição da toxicidade do meio tratado.

Para avaliação das condições dos corpos hídricos podem ser realizadas diversas análises como: análise química, que identifica as substâncias químicas presentes na água; análises ecotoxicológicas, que buscam revelar, através de ensaios com matéria viva como animais ou plantas, os efeitos agudos ou crônicos produzidos pelas substâncias químicas (KNIE; LOPES, 2004). Segundo Arias et al. (2007 *apud* LIVINGSTONE, 1993) esses organismos testes são chamados de bioindicadores, que com a realização de testes demonstram reações às substâncias que foram expostos, indicando mudanças no seu status normal de organismo saudável.

[...] ou seja, são medidas de fluidos corporais, células, tecidos ou medidas realizadas sobre o organismo completo, que indicam, em termos bioquímicos, celulares, fisiológicos, comportamentais ou energéticos, a presença de substâncias contaminantes ou a magnitude da resposta do organismo alvo (LIVINGSTONE, 1993 *apud* ARIAS et al., 2007, p.64).

O sistema-teste *Allium cepa* L. (cebola) é um exemplo de bioindicador utilizado para avaliar a fitotoxicidade do meio em que foi inserido durante seu processo germinativo, o teste avalia a citotoxicidade a partir dos parâmetros de alongamento de raízes e índice mitótico (IM) e a genotoxicidade é determinada pelas anormalidades cromossômicas (AC) (ALVIM et al., 2011). De acordo com Leme e Marin-Morales

(2009) esse sistema teste demonstra alta sensibilidade a componentes químicos presente em ambientes contaminados, sendo o mais indicado para ações de monitoramento de recursos hídricos.

Com base nas referências consultadas o presente trabalho tem o intuito de avaliar a fitotoxicidade das águas da micro-bacia do rio Sangão, localizado na região carbonífera no sul do estado de Santa Catarina onde a muito tempo sofre impactos ambientais derivados da drenagem ácida de minas. O estudo utiliza o sistema teste *A. cepa* como bioindicador, sendo o teste realizado antes e após tratamento de adsorção com casca de banana *Musa paradisiaca* L.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

- Avaliar a fitotoxicidade da água do Rio Sangão antes e após tratamento com a biomassa da casca de Banana *Musa paradisiaca* L.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros de pH, turbidez, acidez total antes e após tratamento com a biomassa da casca de banana *Musa sp.*
- Avaliar a fitotoxicidade em *Allium cepa* L. (Cebola), expondo as sementes a água do Rio Sangão, antes e após tratamento com a biomassa da casca de banana *Musa sp.*
- Avaliar a eficiência da biomassa da casca de banana *Musa sp.* como uma alternativa de tratamento na remoção de metais pesados.

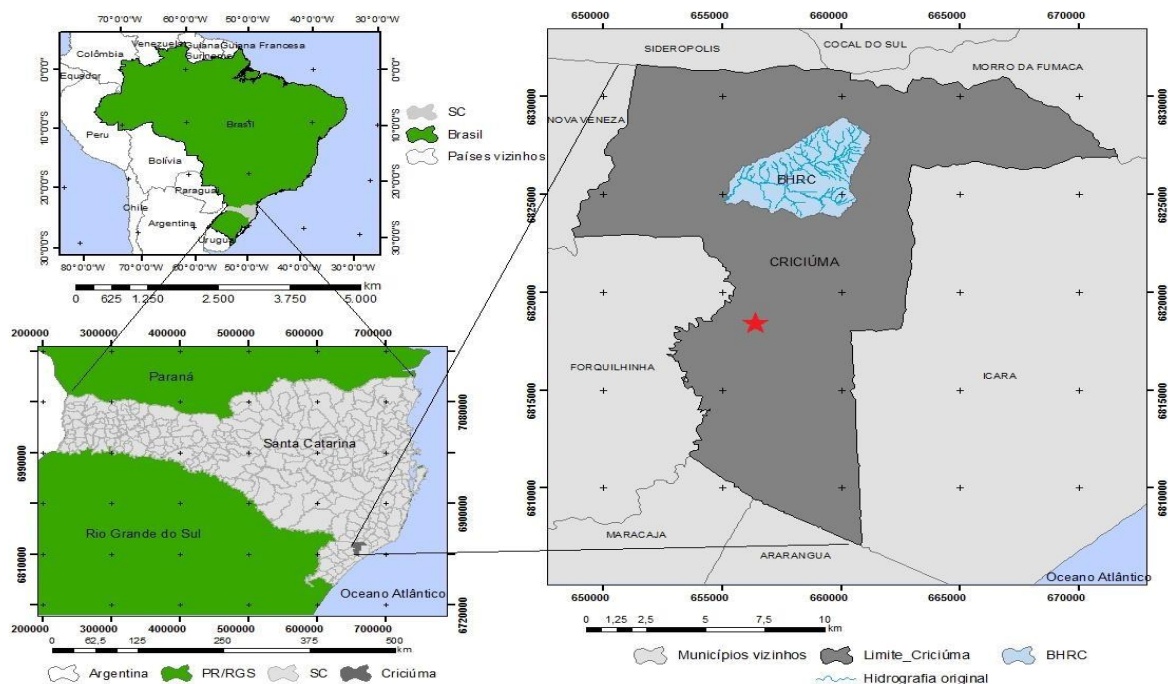
2 METODOLOGIA

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área destinada para estudo é a micro-bacia do Rio Sangão, localizado na região do bairro Sangão, no município de Criciúma em Santa Catarina. O município de Criciúma faz parte da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC), localizado no sul de Santa Catarina. O município abrange uma superfície territorial de 235.701km² (IBGE, 2016), com elevação de 46m e uma população estimada em 211.369 habitantes (IBGE, 2017). Seus municípios limítrofes são Morro da Fumaça, Içara, Forquilha, Nova Veneza, Siderópolis e Cocal do Sul.

A região sul apresenta clima subtropical úmido, que segundo a classificação de Köppen, se enquadra no clima mesotérmico, úmido sem estação seca definida e com verões quentes (Cfa). A temperatura média anual é de 18,9°C. A precipitação pluviométrica anual do Estado é de 1,254mm por ano (MENDES et al., 2006).

Figura 1 - Localização do município de Criciúma SC/Brasil, com destaque em vermelho para a área de estudo no Bairro Sangão, onde está localizado o Rio Sangão.



Fonte: ORIGE; OLIVEIRA; JULIANO (2016) modificado.

2.2 DA COLETA DA AMOSTRA

A coleta foi realizada no dia 24 de junho de 2017, foi coletado apenas um ponto, localizado na região do bairro Sangão onde o rio escoa sob a ponte que conecta os municípios de Criciúma e Forquilha, com latitude -28.741267 e longitude -49.408138 (**Figura 3**), na localidade do bairro Sangão. O critério de escolha do ponto se deu pela característica de ser o ponto mais visivelmente afetado, devido a coloração escura e pH baixo. A amostra foi coletada em galão de polietileno de 2 litros (**Figura 4**) e encaminhada para laboratório para execução das análises.

Figura 3 - Imagens do local de coleta (indicado pela seta vermelha) no Rio Sangão na divisa dos municípios Criciúma/Forquilha.



Fonte: o próprio autor

Figura 4 - Frasco utilizado na coleta da amostra e detalhe para a coloração da água do ponto coletado no béquer a direita, coloração amarelada característica de rios contaminados pelas atividades de mineração.



Fonte: o próprio autor

2.3 ENSAIOS REALIZADOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de química da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) no dia 24 de junho de 2017. As análises físico-químicas realizadas foram, determinação de pH, turbidez e acidez total. Também foi realizado o teste de fitotoxicidade em *Allium cepa*, com a água do rio Sangão. Todos os procedimentos foram realizados antes e após o tratamento com a biomassa da casca de banana *Musa paradisiaca*.

2.3.1 Tratamento de Adsorção

A degradação dos recursos hídricos, pela contaminação de poluentes químicos como os metais tóxicos, fez necessário o aprimoramento de tecnologias com o objetivo de remover esses agentes contaminantes, uma vez que essas substâncias geralmente se mostram resistentes a degradação biológica, fazendo necessária a aplicação de algum tipo de tratamento físico-químico (DO NASCIMENTO et al., 2014). Dentre os métodos de tratamento a adsorção é a mais comum, sendo aplicada no processo de separação e purificação de águas nas últimas décadas. Esse processo

permite a reutilização do adsorvato que pode ser extraído com ácido ou reagente específico (CONNEY, 1999).

Apesar de possuir muitas vantagens, o processo de adsorção é comumente realizado com adsorventes de alto custo, a partir dessa desvantagem que são estudados os processos de biossorção, que utiliza de adsorventes de origem orgânica para aplicação desse método, resíduos agroindustriais são exemplos de biossorventes que podem ser facilmente encontrados (MOREIRA, 2008).

2.3.2 Preparo da Biomassa

A casca da Banana *Musa sp.* um exemplo de resíduo agroindustrial que é estudado como biossorvente foi utilizado no presente trabalho para realização de tratamento por adsorção da água do rio Sangão, que possui altas taxas de poluentes. Os métodos empregados na elaboração do tratamento foram adaptados da metodologia de Silva, Neto e Capri (2016).

O tratamento foi realizado tendo como agente uma farinha preparada com a biomassa da casca da banana, as cascas foram obtidas a partir de descarte residencial. Para elaboração da farinha as cascas foram secas em estufa, à 80°C + - 5°C, até ficarem visivelmente secas e quebradiças, em seguida foram trituradas em liquidificador e armazenadas ao abrigo de luz e umidade para uso posterior.

A utilização de 10 mg/L de biomassa se mostra suficiente para eficácia do processo de adsorção (SILVA, NETO e CAPRI, 2016) neste trabalho para o processo de tratamento foram utilizados 500mL da amostra e 5mg de biomassa, ambos foram depositados em Enlarmeyer e agitados em agitador magnético por um período de 120 minutos (2 horas) para adesão dos metais pesados as partículas da biomassa. Após este período a solução passou por processo simples de filtração com papel filtro. As etapas do tratamento são apresentadas na **Figura 5** a seguir.

Figura 5 - Etapas do processo de tratamento. Agitação da amostra com a biomassa em agitador magnético, filtração para separar a biomassa da amostra e água tratada, respectivamente.



Fonte: o próprio autor

2.3.3 Parâmetros Físico-químicos

2.3.3.1 Potencial de Hidrogênio (pH)

Essa análise determina o potencial hidrogeniônico que é a concentração de íons de hidrogênio H^+ , indicando a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14. Os valores de pH baixo (menor que 7) mostram caráter ácido, o que indica uma característica de corrosividade e agressividade nas águas, valores elevados de pH (superior à 7) são de caráter alcalino e possibilitam incrustações nas tubulações, valores muito distantes da neutralidade (pH 7) podem afetar a vida aquática, sendo recomendável a faixa de 6 a 9 (SPERLING, 2005).

Esse procedimento foi realizado em pHmetro da marca Quimis, modelo Q400AS, previamente calibrado com as soluções tampão pH 4,00 e pH 7,00. Com uma alíquota da amostra em béquer foi introduzido o eletrodo do pHmetro, até a estabilização quando foi realizada a leitura.

2.3.3.2 Turbidez

A turbidez determina a interferência da passagem de luz através da água, que resulta em uma aparência turva. A origem dessa característica é a presença de sólidos em suspensão, quando são de origem natural podem ser partículas de rocha, argila e silte, esses elementos não geram diretamente problemas sanitários, mas são esteticamente desagradáveis na água para consumo e os sólidos em suspensão podem abrigar organismos patogênicos. Quando são sedimentos de origem antropogênica, como derivados de despejos domésticos e industriais, estão frequentemente associados a compostos tóxicos e organismos patogênicos, causando problemas sanitários. Em corpos d'água a presença de elevada turbidez pode interferir na fotossíntese (SPERLING, 2005).

A unidade de medida da turbidez é representada pela sigla UNT – Unidades Nefelométricas de Turbidez – que corresponde a mg/L de Sílica, essa medida é calculada por turbidímetro, através da incidência de um feixe luminoso sobre uma cubeta contendo a água analisada, medindo a quantidade de luz que consegue passar pela amostra. O procedimento foi realizado em laboratório com turbidímetro, da marca Policontrol, modelo AP-2000, previamente calibrado com os padrões: 10 NTU, 100 NTU e 1000 NTU. Foram separados 50mL da amostra em um béquer, em seguida essa quantidade foi transferida para a cubeta que foi fechada com tampa, o exterior da cubeta foi limpo com papel macio para retirar as marcas de manuseio, logo após a cubeta com a amostra foi introduzida no turbidímetro que indicou no display o resultado da leitura.

2.3.3.3 Acidez Total

Acidez total é a capacidade de uma água em reagir com uma base forte causando variações de pH. Ocorre devido à presença de ácidos minerais fortes, ácidos fracos tais como ácido carbônico e acético, e sais hidrolisados como os ferrosos e o sulfato de alumínio. São encontrados em sólidos e gases dissolvidos, podendo ter origem natural, como o CO₂ absorvido da atmosfera ou derivado da decomposição de matéria orgânica, e origem antropogênica proveniente de despejos industriais e até a passagem da água por minas abandonadas. A acidez tem pouco

significado sanitário. Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo recusadas pela população. Responsável pela corrosão de tubulações e materiais (SPERLING, 2005).

O procedimento foi realizado pela técnica de titulação da amostra com hidróxido de sódio em presença de fenolftaleína (pH 8,3), que mede volumetricamente os íons de hidrogênio presentes na amostra de água. Primeiramente a amostra foi agitada e adicionado 100mL da mesma em uma proveta graduada, essa quantia foi transferida para um Erlenmeyer de 500mL, fez-se a adição de 3 gotas da solução de fenolftaleína, a seguir foi posicionada a bureta no suporte e essa foi preenchida (25mL) com solução padrão de hidróxido de sódio 0,02 N, deu-se início a titulação até a viragem de cor do conteúdo do Erlenmeyer para coloração rósea, que indica pH básico. O volume gasto da solução de hidróxido de sódio 0,02 N foi anotado para realização do cálculo de acidez total usando a seguinte equação:

$$\text{Acidez total, mg/L CaCO}_3 = \frac{V \times N \times FC \times Eq.g \times 1000}{VA}$$

Onde:

V = Volume da solução de NaOH 0,02 N gasto na titulação.

N = Normalidade da solução de NaOH 0,02 N.

FC = Fator de correção da solução de NaOH 0,02 N.

Eq.g = Equivalente grama do $\text{CaCO}_3 = 50$.

1000 = Fator de conversão de g/L para mg/L.

VA = Volume da amostra, mL.

2.3.4 Teste de Fitotoxicidade

Segundo Paumgarttem (1993) toxicidade é como chamamos os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com um organismo, esse parâmetro é estudado pela toxicologia, estudo que fornece conhecimentos científicos que servem de base para avaliações de riscos dos efeitos adversos dessas substancias tóxicas para a saúde. “Entende-se por agente tóxico ou toxicante a entidade química capaz de causar dano a um sistema biológico, alterando seriamente uma função ou levando-o à morte, sob certas condições de exposição” (SILVA, 2005, p.12).

Hatagima (2002) utiliza o termo xenobiótico para as substâncias químicas estranhas ao organismo, que não possuem papel fisiológico conhecido e por vezes possuem caráter tóxico e se acumulam no organismo alterando as condições normais das células causando danos ao DNA, podendo futuramente desenvolver algum tipo de patologia. Para o estudo desses danos a união da ecologia e a genética foi fundamental para o desenvolvimento de testes específicos para analisar os efeitos dos poluentes no ambiente.

De acordo com Knie e Lopes (2004) ecotoxicologia é o ramo da toxicologia que utiliza testes ecotoxicológicos ou bioensaios para estudo dos efeitos nocivos causados a um organismo vivo pelas substâncias químicas presentes no ambiente, já comentado na introdução, essa área vem sendo amplamente aplicada desde os anos 1970, no monitoramento ambiental de águas e efluentes, por órgãos ambientais de vários países, tendo se tornado um método comum no Brasil.

O bioensaio empregado neste trabalho trata-se da utilização de sementes de cebola (*Allium cepa*) como bioindicador para avaliar a citotoxicidade e genotoxicidade da água do rio Sangão a partir dos parâmetros de alongamento de raízes, índice mitótico (IM), presença de micronúcleos (MN) e aberrações cromossômicas (AC). Os micronúcleos podem ser formados pela perda de um fragmento de DNA, processo chamado de Clastogênese causado por agente tóxico que age diretamente no DNA, e podem ser formados também pela perda de um cromossomo inteiro, quando o agente tóxico atua no fuso mitótico, processo chamado de Aneugênese (HEDDLE et al., 1983). As demais aberrações cromossômicas podem se expressar a partir de amplificações do DNA, que formam brotos e também podem se manifestar na forma de pontes citoplasmáticas, que ligam as células filhas após a divisão, podem ser resultados da separação das cromátides irmãs ou originados de cromossomos com dois centrômeros (MARIN-MORALEZ, 2008).

O teste realizado foi adaptado a partir da metodologia de Marin-Morales de 2008. Foram utilizadas sementes de *A. cepa* da variedade Baia periforme, 99% de pureza. A água do rio Sangão foi analisada em duplicata nas concentrações de 100%, 50% e 25%, preparadas em volume de 10mL, conforme a tabela a seguir:

Tabela 1 - Concentrações e as respectivas composições da amostra utilizada para elaboração do teste de toxicidade:

CONCENTRAÇÃO DA AMOSTRA	COMPOSIÇÃO
100%	Amostra Pura = 10MI
50%	Amostra = 5MI Água destilada = 5MI
25%	Amostra = 2,5MI Água destilada = 7,5MI

Fonte: o próprio autor

Foram elaborados controle negativo, que foi utilizado somente água de diluição, e para controle positivo solução de MMS (Metil Metano Sulfonato), substância de caráter mutagênico.

2.3.4.1 Etapa 1 - Montagem do teste

Para dar início ao procedimento foi feita a identificação das placas de petri, feito o corte do papel filtro e depositado um no interior de cada placa, cada papel foi umedecido com 2mL da respectiva concentração em que a sua placa de petri havia sido identificada, sendo realizada a duplicata para cada concentração e controles, identificadas como A e B e se haviam sido tratadas ou não, foram depositadas 50 sementes em cada placa sobre o papel filtro já umedecido, totalizando 100 sementes por diluição. As placas foram deixadas em temperatura ambiente e abrigo de luz para germinação num período de cinco dias. O teste de toxicidade foi elaborado com a amostra pura e tratada seguindo o mesmo procedimento.

2.3.4.2 Etapa 2 - Preparo das raízes

Após o período germinativo, foi realizada a contagem de quantas sementes germinaram e medição das raízes para cada diluição, sendo o valor anotado para posterior análise de citotoxicidade. As sementes que não germinaram foram descartadas em lixo contaminado. Nas sementes germinadas foi feita a retirada das raízes e acondicionadas em frascos contendo solução Carnoy para fixação e armazenadas no freezer por período de 48hrs.

2.3.4.3 Etapa 3 - Confeção das lâminas

Foram confeccionadas um total de 30 lâminas, sendo que para cada uma foram dispostas entre 2 e 3 raízes, totalizando 5 raízes para cada duplicata. Cada lâmina foi identificada de acordo com a exposição das sementes, respeitando a ordem desde o início do experimento. A coloração se deu pelo método Fuelgen – Fast Green, quando após a lavagem das raízes com água destilada, elas foram transferidas para recipiente para a hidrólise por 30 minutos com solução de HCl 4N. Foram lavadas novamente e colocadas em reativo de Schiff por 40 minutos no escuro, após esse tempo fez-se nova lavagem com água destilada, as raízes foram colocadas na lâmina, foi aplicado uma gota da solução de Ácido Acético 45% sobre cada raiz, em seguida a lamínula foi colocada sendo aplicado um pouco de pressão para esmagar as raízes, as lâminas foram colocadas no freezer por aproximadamente 15 minutos e cuidadosamente retirada a lamínula. Foram aplicadas gotas de álcool 70% por 5 minutos para fixação, e na sequência foram contra coradas com solução de Fast Green por 5 segundos, sendo posteriormente lavadas e deixadas para secar *overnight*. Após a secagem foram colocadas novamente as lamínulas.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

As análises dos resultados foram realizadas por contagem manual para germinação das sementes e comprimentos das raízes com auxílio de régua. A análise das lâminas foi realizada em microscópio ótico com aumento de 1000x utilizando óleo de imersão, seguindo o protocolo de Marin-Morales (2008). As análises das células foram feitas em 5 raízes de cada duplicata. Em cada raiz foram analisadas 500 células, totalizando 2.500 células por tratamento/diluição. Todos os resultados foram submetidos ao teste de variância ANOVA duas vias post hoc Tukey. As análises foram realizadas no “Software” GraphPad Prism 5 Project, assumindo nível de significância de $p < 0,05$.

3 RESULTADOS

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Resultados dos parâmetros de pH, turbidez, acidez total, antes e após tratamento com a biomassa da casca de banana *Musa paradisiaca*. estão apresentados na **tabela 2**.

Tabela 2 - Resultado dos parâmetros físico-químicos antes e após tratamento com a biomassa.

PARÂMETRO	SEM TRATAMENTO	COM TRATAMENTO
PH	2,96	3,00
Turbidez	19,2 NTU	2,55 NTU
Acidez total	270 mg/L	255 mg/L

Fonte: o próprio autor

Podemos observar que os parâmetros pH, turbidez e acidez total não foram alterados com o tratamento com a farinha da casca de banana.

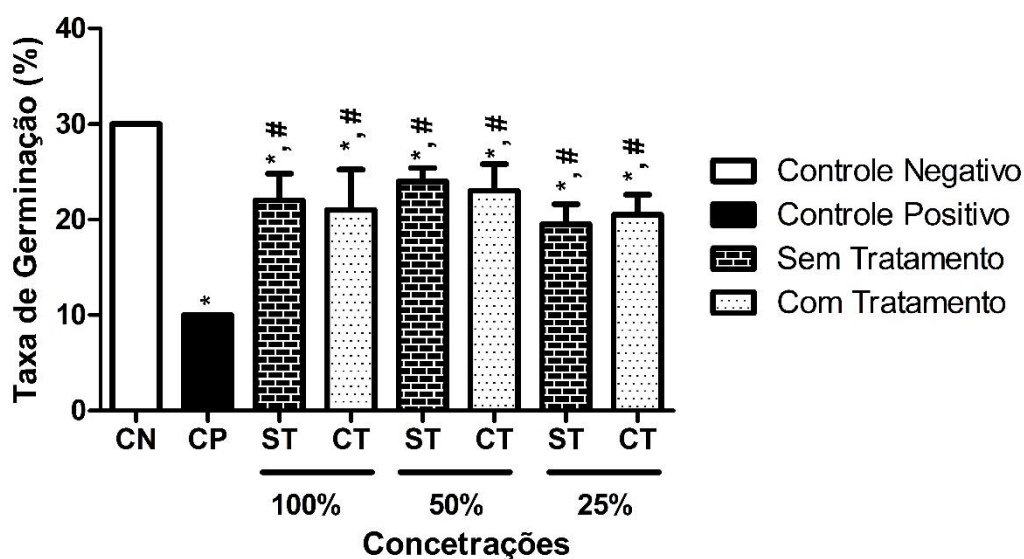
3.2 FITOTOXICIDADE

3.2.1 Germinação de Sementes

Nos dados de germinação de sementes apresentados na **Figura 6**, pode-se observar que o controle positivo assim como todas as concentrações independentemente de serem tratadas ou não, apresentaram redução significativa na taxa de germinação quando comparadas ao controle negativo ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Quando comparadas ao controle positivo todas as concentrações, independente de tratadas ou não, apresentaram um aumento significativo na taxa de germinação ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey). Não foi observado diferença significativa entre as concentrações com relação ao tratamento.

Figura 6 - Taxa de germinação de sementes de *Allium cepa* L. expostas à diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).

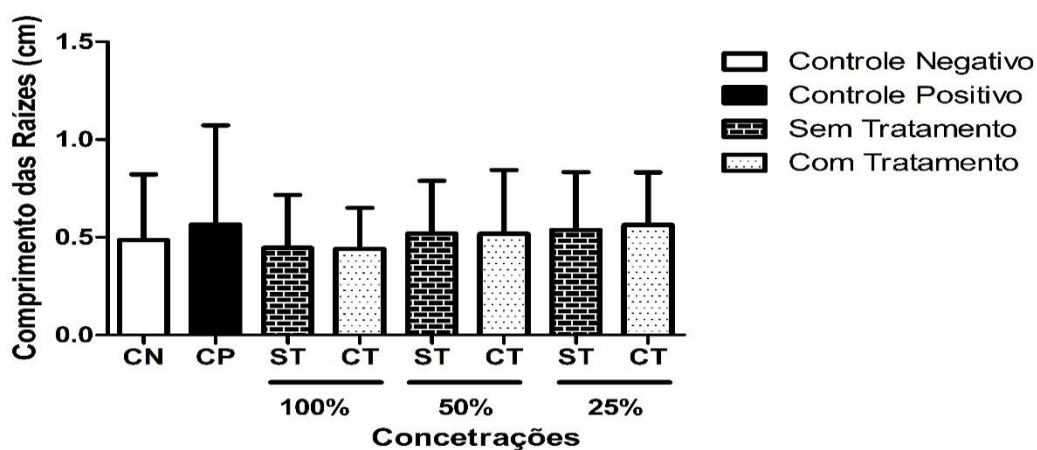


* $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle negativo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). # $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle positivo (ANOVA duas vias post hoc Tukey).
Fonte: o próprio autor

3.2.2 Comprimento de Raízes

Os dados de comprimento das raízes estão expressos na **Figura 7**. Não foi observado diferença significativa em nenhum dos elementos comparados.

Figura 7 - Taxa de comprimento das raízes de *Allium cepa* L. expostas à diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).



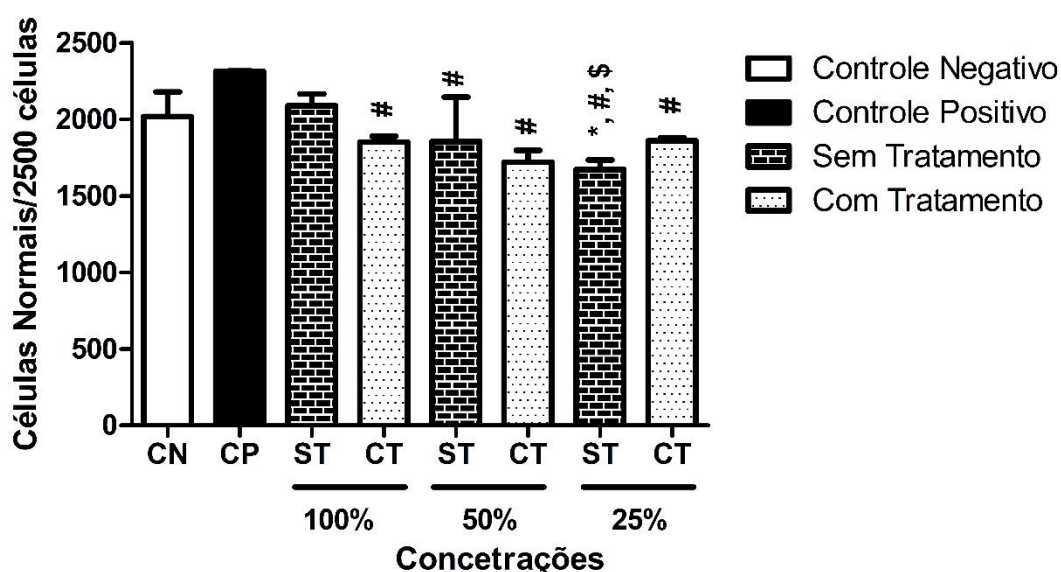
Fonte: o próprio autor

3.2.3 Análise dos Tipos Celulares

3.2.3.1 Células Normais

A contagem de células normais está representada na **Figura 8**. Pode se observar que todas as concentrações que passaram por tratamento demonstraram uma redução significativa no número de células quando comparadas ao controle positivo ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey). Das amostras não tratadas a concentração de 25% apresentou uma redução significativa comparada aos controles negativo e positivo, também apresentou redução significativa quando comparada a concentração de 100% ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Figura 8 - Taxa de células normais em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).

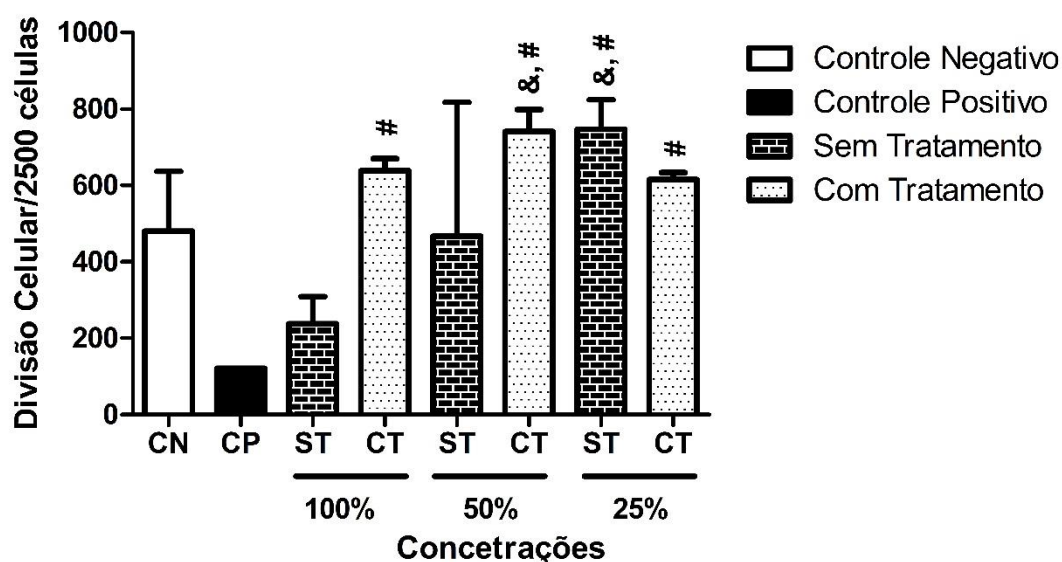


* $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle negativo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). # $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle positivo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). \$ $p < 0,05$ diferença significativa comparada a concentração de 100% (ANOVA duas vias post hoc Tukey).
Fonte: o próprio autor

3.2.3.2 Células em Divisão Celular

A taxa de Células em Divisão Celular está representada na **Figura 9**. Quando comparadas ao controle positivo todas as concentrações que foram tratadas apresentaram aumento significativo na taxa de divisão celular ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey). Na comparação das concentrações a diluição de 50% tratada e a de 25% não tratadas apresentaram aumento significativo quando comparadas a concentração de 50% sem tratamento ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Figura 9 - Taxa de divisão celular em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).



$p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle positivo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). & $p < 0,05$ diferença significativa comparada a concentração de 50% (ANOVA duas vias post hoc Tukey).

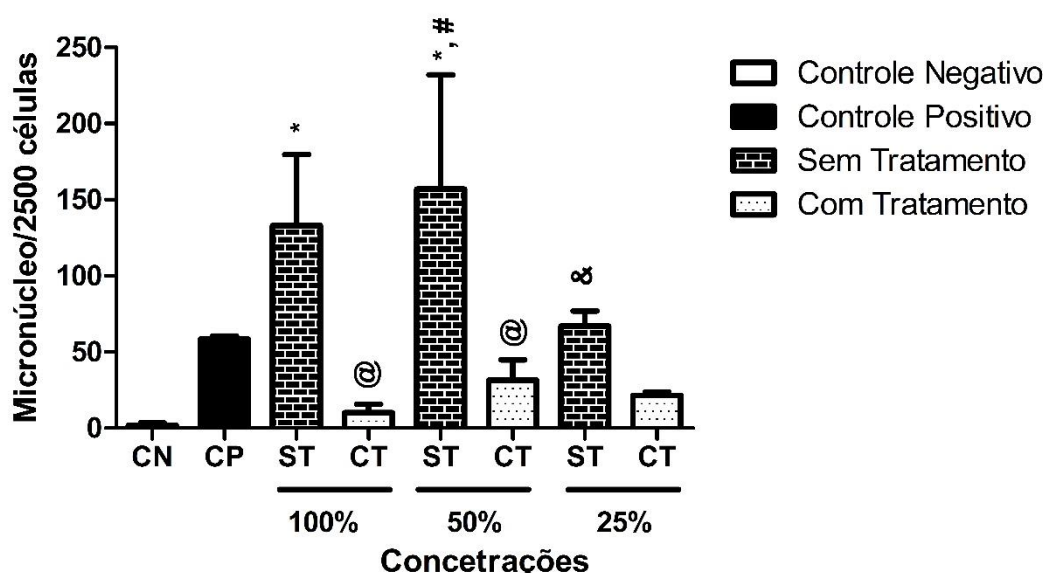
Fonte: o próprio autor

3.2.3.3 Células Normais com Micronúcleo

A contagem de Micronúcleos (anomalia cromossômica) em células normais está representada na **Figura 10**. No resultado se observou que as concentrações de 100% e 50% sem tratamento apresentaram um aumento significativo na quantidade de micronúcleos sendo comparadas ao controle negativo ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey). A concentração de 50% não tratada também demonstrou aumento

significativo no número de micronúcleos quando comparada ao controle positivo e a concentração de 25% não tratada ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Figura 10 - Taxa de micronúcleos (anomalia cromossômica) em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).



* $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle negativo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). @ $p < 0,05$ diferença significativa quando comparada à amostra sem tratamento (ANOVA duas vias post hoc Tukey). # $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle positivo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). & $p < 0,05$ diferença significativa comparada a concentração de 50% (ANOVA duas vias post hoc Tukey). **Fonte:** o próprio autor

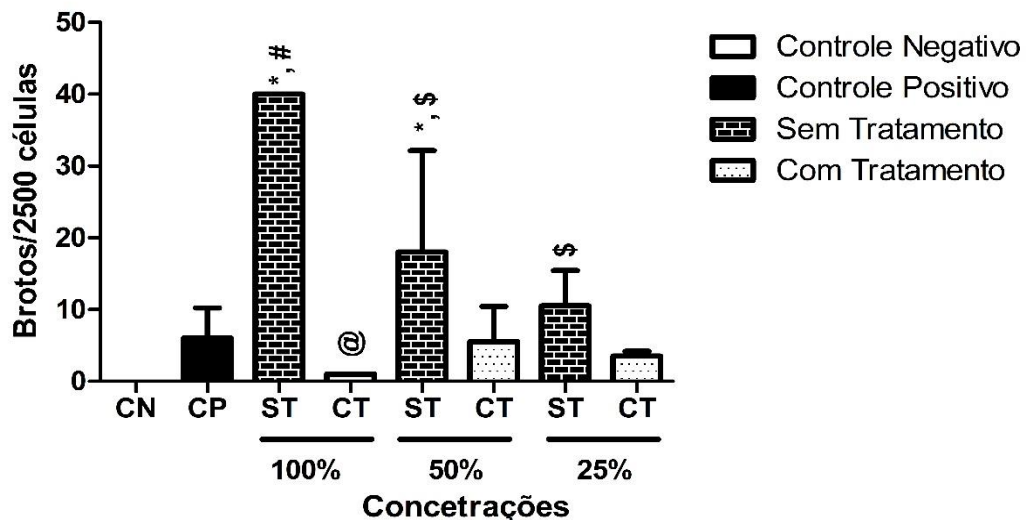
Quando realizada a comparação entre concentrações tratadas e não tratadas, as concentrações tratadas apresentaram redução significativa quando comparadas as amostras não tratadas ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

3.2.3.4 Células Normais com Broto

A contagem de Brotos (anomalia cromossômica) em células normais está representada na **Figura 11**. Na comparação com o controle negativo as concentrações 100% e 50% não tratadas apresentaram aumento significativo, sendo que a mesma concentração de 100% também sofreu um aumento significativo quando comparada ao controle positivo, na amostra de 25% observou-se uma redução

significativa na quantidade de brotos sendo comparada a concentração de 100%, ambas não tratadas ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Figura 11 - Taxa de brotos (anomalia cromossômica) em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).



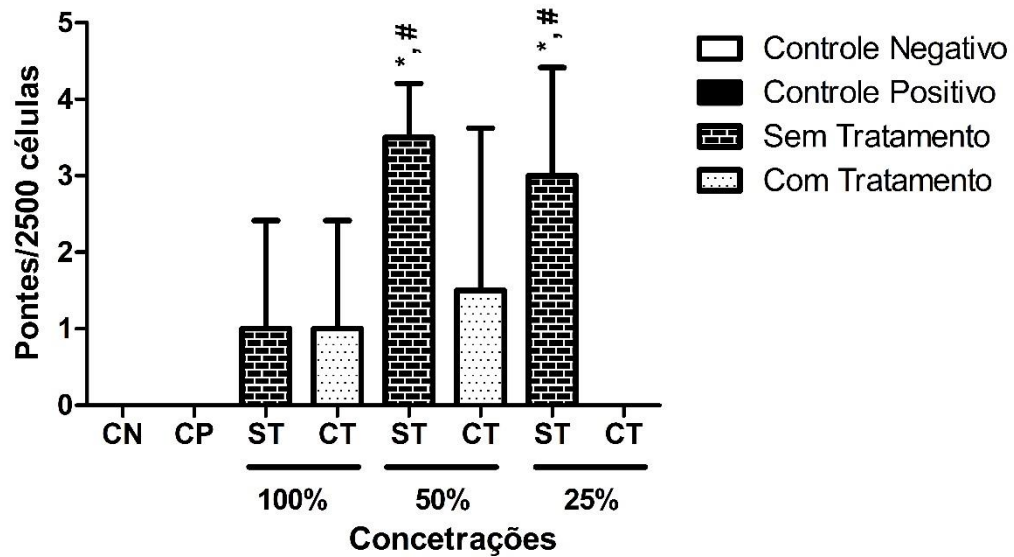
* $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle negativo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). # $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle positivo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). @ $p < 0,05$ diferença significativa quando comparada à amostra sem tratamento (ANOVA duas vias post hoc Tukey). \$ $p < 0,05$ diferença significativa comparada a concentração de 100% (ANOVA duas vias post hoc Tukey). **Fonte:** o próprio autor

Na comparação do tratamento a concentração de 100% apresentou redução significativa quando comparada a amostra na mesma concentração não tratada ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

3.2.3.5 Células em Divisão com Pontes Citoplasmáticas

A contagem de Pontes Citoplasmáticas (anomalia cromossômica) em células em divisão está representada na **Figura 12**. Analisando os resultados foi observado aumento significativo entre as concentrações de 50% e 25% não tratadas e os controles negativo e positivo ($p < 0,05$ - ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Figura 12 - Taxa de Pontes Citoplasmáticas (anomalia cromossômica) em um total de 2500 examinadas das raízes germinadas em diferentes concentrações da amostra do Rio Sangão, sem e com tratamento e controles negativo (água destilada) e positivo (MMS).



* $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle negativo (ANOVA duas vias post hoc Tukey). # $p < 0,05$ diferença significativa comparada ao controle positivo (ANOVA duas vias post hoc Tukey).

Fonte: o próprio autor

4 DISCUSSÃO

Dos resultados físico-químicos (**Tabela 2**) a água do Rio Sangão apresentou caráter ácido tanto pelos resultados do teste de acidez total quanto pelos valores de pH, que foi de 2,9 na amostra sem tratamento e 3,0 com tratamento, Alexandre et al. (1995) analisaram rios da região estudada, entre eles o Rio Sangão e obtiveram valores de pH semelhantes a esse, de 2,2 a 2,9. Valores assim estão fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA para águas dessa classe, uma vez que na resolução nº 357 de março de 2005 os valores de pH permitido estão entre 6,0 e 9,0. Os mesmos autores ainda afirmam que valores como os obtidos correspondem à característica de áreas com degradação ambiental recorrente das atividades de mineração, que possuem pH baixo em função da drenagem ácida de minas, os autores ainda afirmam que águas com pH menor que 4,0 contribuem para solubilização de metais e outros elementos que aumentam os problemas ambientais associados a esse dano.

Podemos observar que o tratamento não causa diferença significativa no pH da amostra. No entanto, para o tratamento, o caráter ácido da amostra pode ser considerado uma vantagem, uma vez que Silva et al. (2016) analisaram a influência do pH no processo de adsorção de Cromo (Cr) pela biomassa da casca de banana nanica e observaram que a biomassa atingiu sua taxa máxima de adsorção em solução com pH 2,5 e com o aumento do pH houve queda na taxa de adsorção. Kimura (1999) explica que em meios ácidos ocorre a protonação da superfície do adsorvente, tornando-a de caráter positivo e criando uma forte atração eletrostática pelos metais pesados de caráter aniônico, como o Cromo (Cr), superfície de carga negativa, favorecendo o processo de adsorção desses íons (MARIN et al., 2015).

Na análise de turbidez os resultados se encontram dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA. Estudos citam que processos erosivos acelerados por atividades humanas pelo uso e cobertura do solo podem estar diretamente relacionados ao aumento da turbidez dos cursos d'água próximos, uma vez que essas atividades alteram os processos naturais de erosão (RAPOSO; BARROS; MAGALHÃES JR, 2009). Podemos então relacionar o valor baixo de turbidez, da amostra não tratada, obtido nesse trabalho à falta de vegetação arbórea no leito do rio e também a não utilização intensa do solo pelas pessoas que ali residem,

considerando que essas atividades favorecem os processos erosivos e consequentemente o aumento da turbidez da água. Entre os valores da amostra tratada e não tratada, houve grande diferença na análise de turbidez e essa mudança se dá pelo processo de filtração que a amostra passa durante o tratamento, uma vez que a filtração retém no filtro os resíduos sólidos presentes no meio aquoso filtrado.

Para os testes de citotoxicidade na taxa de germinação de sementes todas as concentrações da amostra bruta e tratada, junto com o controle positivo, demonstraram redução significativa na taxa de germinação (**Figura 6**), o que indica algum fator de inibição presente na amostra e pode-se observar que o tratamento não influenciou nesse parâmetro. Mendes et al. (2008) citam em seus estudos sobre adubação de cebola que esse tipo de cultura é sensível a acidez, sendo preferível para seu desenvolvimento meio com pH de 6,0 a 6,5. Sabendo que o pH da água do Rio Sangão que foi testada nesse trabalho possui pH bruto de 2,9 e tratado de 3,0 podemos considerar esse como o possível fator de inibição na germinação das sementes de *A. cepa*.

No teste de comprimento de raízes não houve diferença significativa na amostra bruta e tratada (**Figura 7**). No entanto para as concentrações mais diluídas tratadas e não tratadas (25% e 50%) podemos observar efeito promotor no alongamento das raízes, o que não foi observado na amostra bruta (100%), podemos relacionar esse efeito com a maior concentração dos componentes tóxicos possivelmente presentes na água do rio estudado, como os metais pesados.

Tais resultados se assemelham aos resultados encontrados por Alvim et al. (2011) que não encontrou diferença significativa nos seus estudos de citotoxicidade de elementos tóxicos encontrados em efluentes têxteis utilizando o sistema teste *A. cepa* para o parâmetro de alongamento de raízes. No entanto alguns resultados diferem dos achados no nosso trabalho, como os de Bruchchen et al. (2013) onde foram encontradas diferenças significativas na inibição do crescimento radicular de *A. cepa* em testes citotóxicos em alguns pontos do Rio Criciúma localizado na cidade onde foi elaborado o presente trabalho.

Estudos revelam que a presença de matéria orgânica e os macronutrientes presentes no meio, podem diminuir a sensibilidade do teste e mascarar os efeitos

tóxicos de contaminantes e promover o alongamento radicular (RODRIGUES e BIANCHINI, 2007).

Portanto o resultado obtido nos permite sugerir a realização de novos testes de citotoxicidade no Rio Sangão com a coleta de diferentes pontos para melhor avaliação dos efeitos citotóxicos do mesmo, uma vez que neste trabalho foi realizada a coleta de apenas um ponto.

Nos resultados das análises das células do meristema radicular na busca de células normais (já divididas) e células em fases de divisão celular, resultados associados ao crescimento das raízes, a taxa de células divididas (**Figura 8**) o controle negativo e a amostra tratada apresentam redução significativa comparada ao controle positivo e as concentrações não tratadas. Em contrapartida na taxa de divisão celular (**Figura 9**) a significância foi na redução das divisões encontradas nas concentrações mais elevadas da amostra não tratada (50% e 100%) semelhantes aos valores obtidos no controle positivo, quando na amostra tratada e no controle negativo a taxa de células em divisão teve aumento significativo em todas as concentrações.

Para controle positivo dessa análise foi utilizado o Metil Metano Sulfonato (MMS) substância com ação citotóxica e mutagênica comprovada, testada nos estudos de Barbosa (2013). Nos resultados obtidos no nosso trabalho a amostra não tratada apresentou ações semelhantes ao MMS, podemos então associar esses danos aos agentes poluentes presentes na água, e que a elaboração do tratamento com a casca de banana *Musa sp.* reduziu os impactos causados. Tratamento esse que já teve sua eficiência comprovada em diversas pesquisas, como os estudos de Boniolo (2008) e Franco et al. (2015) citados na introdução deste trabalho.

O nível de toxicidade de um componente pode ser determinado de acordo com o aumento ou inibição do índice mitótico (IM) das células analisadas de um bioindicador, que pode ser usado como parâmetro de citotoxicidade em estudos de biomonitoramento do meio ambiente (FERNANDES et al., 2007)

As células meristemáticas de *A. cepa* expostas a água bruta e tratada do rio Sangão em diferentes concentrações, apresentaram índices significativos comparados ao controle negativo de micronúcleos (MN), Brotos de DNA e Pontes citoplasmáticas encontradas nas células em processo de divisão. Os estudos de Silva (2008) realizados em águas degradadas pelas atividades de mineração corroboram

com os resultados obtidos nesse estudo, também apresentando índices de danos celulares significativos. O mesmo ocorre nos testes de Leme e Marin-Morales (2009) que prova a eficiência do sistema teste *A. cepa* mostrando alta sensibilidade aos tóxicos encontrados nas águas testadas.

Nos resultados obtidos podemos observar que a água testada induziu a formação de micronúcleos (**Figura 10**), esses estando presentes em todas as concentrações sendo maior que o controle positivo (MMS). Rank (2003) explica que o MMS se degrada rapidamente, mesmo sendo mantido nas condições recomendadas. O aumento na frequência de micronúcleos é biomarcador dos efeitos genotóxicos que refletem a exposição a agentes clastogênicos e aneugênicos (ALBERTINI et al., 2000). Comportamentos semelhantes foram observados nos índices de aberrações cromossômicas, presença de Broto e Pontes Citoplasmáticas (**Figuras 11 e 12**) onde a amostra não tratada induziu a ocorrência desses danos celulares, comparando os resultados de Fernandes et al. (2007) podemos observar que essas alterações também são causadas por agentes tóxicos presentes no meio ao qual as raízes foram expostas no período germinativo.

Do tratamento com a biomassa da casca de banana *Musa sp.* que a amostra foi submetida podemos observar que os índices de aberrações cromossômicas citadas acima apresentaram redução significativa em todas as concentrações da amostra tratada, ao ponto de não se diferenciarem significativamente do controle negativo. Resultado que reflete de estudos já realizados que comprovam a eficiência dessa biomassa de casca de banana como agente removedor de metais pesados em soluções aquosas (DA CRUZ et al., 2002). Franco e colaboradores (2015) apontam que além de removerem valores acima de 80% dos metais por eles estudados essa biomassa possui baixo custo e não necessita de modificação química superficial e também pode passar pelo processo de dessorção, pela adição de soluções ácidas, juntamente com o metal adsorvido para fins de separar e recuperar tanto o metal quanto a biomassa que pode ser reutilizada.

5 CONCLUSÃO

Os resultados desse trabalho mostram que a água do Rio Sangão possui caráter ácido e agentes contaminantes que demonstraram alta fitotoxicidade representada pelo sistema teste *Allium cepa* L., onde a toxicidade mais expressiva foi no efeito genotóxico induzindo uma taxa significativa de aberrações cromossômicas. Também foi possível observar a saturação dos poluentes empregando diluições diferentes da amostra nos testes.

Com a aplicação do tratamento com a biomassa em forma de farinha da casca de banana observamos uma melhora significativa nos resultados com a diminuição da genotoxicidade, evidenciando a atuação do tratamento na remoção dos agentes tóxicos responsáveis pelos danos.

Contudo se faz necessário a realização de mais estudos sobre a utilização da biomassa, testando outras dosagens, testes de identificação e quantificação dos contaminantes, assim como analisar os fatores que podem influenciar os resultados, com o propósito de desenvolver técnicas adequadas para a aplicação do tratamento na tentativa de recuperar águas contaminadas.

Resultados como os deste trabalho incentivam o estudo de biomassas, tanto da casca de banana como de outras fontes, a serem utilizadas como biossorventes na descontaminação de efluentes.

REFERENCIAS

ALBERTINI, R. J.; ANDERSON, D.; DOUGLAS, G. R.; HAGMAR, L.; HEMMINKI, K.; MERLO, F.; NATARAJAN, A. T.; NORPPA, H.; SHUKER, D. E. G.; TICE, R.; WATERS, M. D.; AITIO, A. IPCS Guidelines For The Monitoring Of Genotoxic Effects Of Carcinogens In Humans. **Mutation Research**, v. 463, p. 111–172, 2000.

Disponível em: <

<http://www.regetox.med.ulg.ac.be/demo/TOXPRO/docpdf/guidelines%20for%20genotoxic%20tests.pdf> > Acesso em: 29 out. 2017.

ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J.; VIERO, A. C. **Qualidade Das Aguas Superficiais Do Município De Criciúma. Revista Tecnologia E Ambiente**, FUCRI/UNESC Criciúma., n.1. p. 29 - 54. 1995. Disponível em: <
file:///C:/Users/Cida/Downloads/Qualidade%20das%20%C3%A1guas%20superficiais%20do%20munic%C3%ADpio%20de%20Crici%C3%BAma.pdf > Acesso em: 30 ago. 2017.

ALEXANDRE, N. Z.; NOSSE, E. O.; KREBS, A. S. J.; VIERO, A. C. **Fontes de Poluição no Município de Criciúma – SC**. Porto Alegre: CPRM, 1995. 52f.

Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina - PROGESC. (Degradação Ambiental, 8). Disponível em: <

<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/8443> > Acesso em 25 ago. 2017.

ALVIM, L. B.; KUMMROW, F.; BEIJO, F. A.; LIMA, C. A. de A.; BARBOSA, S. Avaliação Da Citogenotoxicidade De Efluentes Têxteis Utilizando *Allium Cepa* L..

Ambi-Agua, São Paulo, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 255-265, 2011. Disponível em: <

http://www.files.scire.net.br/atrio/unifal-mg-ppg-eta_upl/PRODUCTION/170/2011.luige_et_al.avaliacao_da_citogenotoxicidade_de_efluentes_txteis_utilizando_allium.pdf > Acesso em: 29 ago. 2017.

ARIAS, A.R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização De Bioindicadores Na Avaliação De Impacto E No Monitoramento Da Contaminação De Rios E Córregos Por Agrotóxicos. **Ciência Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 61-72, mar. 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/csc/v12n1/07.pdf> > Acesso em: 18 ago. 2017.

BARBOSA, R. M.; GALTER, I. N.; PEREIRA, C. L.; BARRETO, L. M.; MARTINS, H. T.; ANDRADE-VIEIRA, L. F. Competência Do *Allium Cepa* Como Modelo Em Bioensaios De Fitotoxicidade. **Resumos Expandidos do I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO**, v.2, Universidade Católica de Pernambuco - Recife, 2013. Disponível em: < <http://www.unicap.br/simcbio/wp-content/uploads/2014/09/COMPET%C3%AANCIA-DO-Allium-cepa-COMO-MODELO-EM-BIOENSAIOS-DE-FITOTOXICIDADE.pdf> > Acesso em: 15 out. 2017.

BONIOLO, M. R. **Biossorção De Urânio Nas Cascas De Banana**. 2008. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada a Universidade de São

Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <
http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-19082009-155206/en.php_>
 Acesso em: 25 ago. 2017.

BRUCHCHEN, L. M.; SILVA, P. S.; SILVEIRA, F. Z.; DEFAVERI, T. M.; PICH, C. T.; GEREMIAS, R. Avaliação Da Toxicidade Das Águas Do Rio Criciúma (Criciúma, Santa Catarina, Brasil), Utilizando Parâmetros Físico-Químicos e Abordagens Ecotoxicológicas. **Ecotoxicol. Environ. Contam.**, v. 8, n. 2, p. 23-30, 2013.

CASTILHOS, Z. C.; FERNANDES, F. R. C. A Bacia Carbonífera Sul Catarinense E Os Impactos E Passivos Da Atividade Da Indústria Extrativa Mineral De Carvão Na Territorialidade. In: **Recursos Minerais & Sustentabilidade Territorial. Grandes Minas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. v.1. p.361-386. Disponível em: <
<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1174> > Acesso em: 5 dez. 2017.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília. DF.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília. DF.

COONEY, D. O. **Adsorption Design for Wastewater Treatment**. Florida: CRC Press, 1998. 208 p. Disponível em: <
https://books.google.com.br/books?redir_esc=y&hl=pt-BR&id=jS3BVK1T3ilC&q=adsor%C3%A7%C3%A3o+#v=onepage&q=adsor%C3%A7%C3%A3o&f=false > Acesso em: 25 out. 2017.

DA CRUZ M. A. R. F.; GUERRA, Á. R.; ISHIKAWA, D. N.; ALFAYA, R. V. S.; ALFAYA, A. A. S. **Farinha Da Casca Da Banana: Um Biossorvente Para Metais Pesados De Baixo Custo**. 1f. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Universidade Estadual de Londrina – UEL, Londrina, 2002.

DE AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção De Metais Pesados De Efluentes Industriais Por Aluminossilicatos. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6/B, p. 1145-1154, 2002. Disponível em: <
http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol25No6B_1145_14.pdf > Acesso em: 22 ago. 2017.

DE MELLO, J. W. V.; DUARTE, H. A.; LADEIRA, A. C. Q. Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 8, p.24-29, 24 abr. 2014. Disponível em: <
<http://correio.fdvmg.edu.br/downloads/DEA230/DAM.pdf> > Acesso em: 25 ago. 2017.

DO NASCIMENTO, R. F.; DE LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. DE Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: Aspectos Teóricos E Aplicações Ambientais** - Fortaleza: Imprensa Universitária: (Estudos da Pós-Graduação), 2014. 256 p. Disponível em: <

http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10267/1/2014_liv_rfdnascimento.pdf > Acesso em: 3 set. 2017.

FERNANDES, T. C. C.; MAZZEO, D. E. C.; MARIN-MORALES, M. A. Mechanism Of Micronuclei Formation In Polyploidized Cells Of Allium Cepa Exposed To Trifluralin Herbicide. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. San Diego: Academic Press Inc. Elsevier B.V., v. 88, n. 3, p. 252-259, 2007. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/34099> > Acesso em: 25 out. 2017.

FRANCO, C. C.; DE CASTRO, M. M.; WALTER, M. E. Estudo Das Cascas De Banana Das Variedades Prata, Caturra E Maçã Na Bioexatção De Metais Pesados Gerados Pelos Efluentes Dos Laboratórios Do Centro Universitário De Belo Horizonte. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 99-115. (2015). Editora UNIBH. Disponível em: < www.unibh.br/revistas/exacta/ > Acesso em: 25 ago. 2017.

FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J de C. Remediação De Drenagem Ácida De Mina Usando Zeólitas Sintetizadas A Partir De Cinzas Leves De Carvão. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 735, 2006. Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/2006/11762.pdf> > Acesso em: 25 ago. 2017.

HATAGIMA, A. Polimorfismo Genético E Metabolismo Dos Desreguladores Endócrinos Na Suscetibilidade Ao Câncer. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 357- 377, mar./abr. 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/csp/v18n2/8266.pdf> > Acesso em: 25 out. 2017.

HEDDLE, J. A.; HITE, M.; IRKHART, B.; MACGREGOR, J. T. E.; SALAMONE, M. F. The Induction Of Micronuclei As A Measure Of Genotoxicity A Measure Of The US Environmental Protection Agency Gene-Tox Program. **Mutation Research**, v. 123, n. 1, p. 61–118, 1983. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165111083900477> > Acesso em: 29 out. 2017.

IBGE. Santa Catarina. 2017. Acesso em: 13 ago. 2017.

KIMURA, I. Y.; GONÇALVES JR, A. C.; STOLBERG, J.; LARANJEIRA, M. C. M.; DE FÁVERE, V. T. Efeito Do pH E Do Tempo De Contato Na Adsorção De Corantes Reativos Por Microesferas De Quitosana. **Polímeros**, São Carlos, v. 9, n. 3, p. 51-57, 1999. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281999000300010&lng=pt&tlng=pt > Acesso em: 29 out. 2017.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes Ecotoxicológicos: Métodos, Técnicas E Aplicações**. Florianópolis. FATMA/GTZ, 2004. p. 289.

KREBS, A, S, J.; ALEXANDRE, N, Z. **Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá - SC: Disponibilidade e Conflitos**. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, 1., Fortaleza, 2000. Anais... Fortaleza: ABAS, 2000, 85 p. 1-21. Disponível em: <

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24313/16318> > Acesso em: 29 ago. 2017.

KUMAR, P.; DARA, S. S. Utilisation Of Agricultural Wastes For Decontaminating Industrial/Domestic Wastewaters From Toxic Metals. **Agricultural Wastes**, v. 4, n. 3, p. 213-223. 1982. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0141460782900130> > Acesso em: 25 out. 2017.

LAUS, R.; LARANJEIRA, M. C. M.; MARTINS, A. O.; FÁVERE, V. T.; PEDROSA, R. C.; BENASSI, J. C.; GEREMIAS, R. Microesferas De Quitosana Reticuladas Com Tripolifosfato Utilizadas Para Remoção Da Acidez, Ferro (III) E Manganês (II) De Águas Contaminadas Pela Mineração De Carvão. **Química Nova**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 34-39, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v29n1/27853.pdf> > Acesso em: 25 ago. 2017.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. Allium Cepa Test In Environmental Monitoring: A Review On Its Application. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 682, p. 71-81, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrrev.2009.06.002> > Acesso em: 25 out. 2017.

MARIN-MORALES M.A.; R. CARITÁ. Induction Of Chromosome Aberrations In The Allium Cepa Test System Caused By The Exposure Of Seeds To Industrial Effluents Contaminated With Azo Dyes. **Chemosphere**. v. 72. p. 722-725, 2008. Disponível em: < doi:10.1016/j.chemosphere.2008.03.056 > Acesso em: 20 set. 2017.

MARIN, P.; BORBA, C. E.; MÓDENES, A. N.; DE OLIVEIRA, S. P. D.; PASSAIA, N.; FIGUEIREDO, L. S. Avaliação Do Efeito Da Temperatura, pH E Granulometria Do Adsorvente Na Adsorção Do Corante Azul Reativo 5g. **Engevista**, Paraná, V. 17, n. 1, p. 59-68, 2015. Disponível em: < <http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/viewFile/542/309> > Acesso em: 29 out. 2017.

MENDES, A. M. S.; DE FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; DE RESENDE, G. M.; NETO, M.B. de O.; DA SILVA, M. S. L. Nutrição Mineral e Adubação da Cultura da Cebola no Submédio do Vale do São Francisco. **EMBRAPA**, Circular Técnica Online, Petrolina- PE, n. 86. p. 10, 2008. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/161505/1/CTE86.pdf> > Acesso em: 29 out. 2017.

MENDES, J. C.; FERNANDES, R. F.; SIMON, V.; SMANIOTTO, A. L. A.; DE SOUZA, M. S.; RUBENSAM, L. A. **PRAD – Plano de Recuperação de Área Degradada**. Setor Sangão. Criciúma, Santa Catarina, 2006, p. 36.

MOREIRA, S. de A. **Adsorção De Íons Metálicos De Efluente Aquoso Usando Bagaço Do Pedúnculo De Caju: Estudo De Batelada E Coluna De Leito Fixo**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Pós-graduação em

Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: < <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17229> > Acesso em: 3 set. 2017.

PAUMGARTTEN, F. J. R. Risk Assessment for Chemical Substances: The Link Between Toxicology and Public Health. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, v. 9 n. 4, p. 439-447, oct/dec, 1993. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/csp/v9n4/04.pdf> > Acesso em: 20 out. 2017.

PEREIRA, R. S. Identificação E Caracterização Das Fontes De Poluição Em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recurso Hídricos**. IPH-UFRGS, Pelotas, v. 1, n. 1. p. 20-36. 2004. Disponível em: < <http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf> > Acesso em: 20 ago. 2017.

RANK, J. The Method Of *Allium* Anaphase-Telophase Chromosome Aberration Assay, **Ekologija**, n.1, p. 38–42, 2003. Disponível em: < <http://www.elibrary.lt/resursai/LMA/Ekologija/E-38-2.pdf> > Acesso em: 29 out. 2017.

RAPOSO, A. A.; BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JR, A. P. **O Parâmetro De Turbidez Das Águas Como Indicador De Impactos Humanos Na Dinâmica Fluvial Da Bacia Do Rio Maracujá – Quadrilátero Ferrífero/Mg**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 17f. Viçosa, 2009. Disponível em: < http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/007.pdf > Acesso em 25 out. 2017.

RODRIGUES, S. C.; BIANCHINI, A. Extraction And Concentration Of Freshwater – Andseawater– Derived Dissolved Organic Matter For Use In Aquatic Toxicology Studies. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, Rio Grande, v. 2, n. 3, p. 275-281, 2007. Disponível em: < file:///C:/Users/Cida/Downloads/11_V2N3.pdf > Acesso em: 29 out. 2017.

RUTHVEN, D. M. **Principles of Adsorption and Adsorption Process**. United States of America: Wiley – Interscience Publication, 1984. 433p. Disponível em: < https://books.google.com.br/books?id=u7wq21njR3UC&printsec=frontcover&dq=RUTHVEN,+D.+M.+Principles+of+Adsorption+and+Adsorption+Process&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiVy_e-3KXXAhVEh5AKHWNgCogQ6AEIJzAA#v=onepage&q=RUTHVEN%2C%20D.%20M.%20Principles%20of%20Adsorption%20and%20Adsorption%20Process&f=false > Acesso em: 30 set. 2017.

SANTOS, M. **Casca de Banana é Usada na Despoluição da Água**. São Paulo: USP, 2013. Disponível em: < <http://www.usp.br/agen/?p=135446> > Acesso em: 25 ago. 2017.

SILVA, D. C. da. **Efeitos Tóxicos E Genéticos Ocasionados Por Agrotóxicos**. 56 f. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Naturais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005. Disponível em: < <http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000028/0000283E.pdf> > Acesso em: 20 out. 2017.

SILVA, G. S.; NETO, A. C.; CAPRI, M. DA R; Biossorção De Cr(Vi) Pela Casca De Banana Nanica No Tratamento De Efluentes. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, Aracaju. v. 5, n. 1, p. 153 – 162, out. 2016. Disponível em: < <https://periodicos.set.edu.br/index.php/saude/article/view/3734> > Acesso em: 20 ago. 2017.

SILVA, P. S. **Avaliação Da Toxicidade E Genotoxicidade Das Águas Do Rio Criciúma (SC) Utilizando Como Organismos Bioindicadores** *Artemia sp.*, *Daphnia magna* e *Allium cepa* L. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel no curso de Ciências Biológicas) Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2008.

SPERLING, M. V. **Introdução À Qualidade Das Águas E Ao Tratamento De Esgotos**. 3.ed Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. 452 p. Disponível em: < <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1pxhLVxVFHoC&oi=fnd&pg=PA15&dq=SPERLING,+M.+V.+Introdu%C3%A7%C3%A3o+%C3%A0+qualidade+das+%C3%A1guas+e+ao+tratamento+de+esgotos.&ots=Cixxz1ZC0m&sig=GznxbZEKq7obWX0iLLSzWpPwMd4#v=onepage&q&f=false> > Acesso em: 30 ago. 2017.

TARLEY, C. R. T.; ARRUDA, M. A. Z.; Biosorption Of Heavy Metals Using Rice Milling By-Products. Characterisation And Application For Removal Of Metals From Aqueous Effluents. **Chemosphere**, São Paulo, v. 54, n. 2004 p. 987 - 995. 2003. Disponível em: < http://www.academia.edu/1814364/Biosorption_of_heavy_metals_using_rice_milling_by-products._Characterisation_and_application_for_removal_of_metals_from_aqueous_effluents > Acesso em: 25 out. 2017.